

견과류의 지방산, 트리아실글리세롤, 토코페롤 및 파이토스테롤의 조성 연구

성민혜·류현경·이선모·이기택[†]
충남대학교 식품공학과

Studies on the Content of Triacylglycerol Species, Tocopherols, and Phytosterols from the Selected Nuts

Min-Hye Sung, Hyun-Kyeong Lyu, Sun-Mo Lee and Ki-Teak Lee[†]

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

Including crude fat content, triacylglycerol species, tocopherols and phytosterols were analyzed in 8 kinds of nuts (sunflower seed, cashew nut, walnut, pistachio, pumpkin seed, ginkgo, hazel nut and pecan). The extracted crude fats showed 0.63~39.60 wt%, among which hazel nut showed the highest amount of fat content. Oleic acid (C18:1) was major fatty acids at sn-2 position in cashew nut, pistachio, hazel nut, and pecan while sunflower seed, walnut, and pumpkin seed showed linoleic acid (C18:2) as a major fatty acids at sn-2 position. Especially, ginkgo contained 10.72 wt% of vaccenic acid (C18:1-n7) at sn-2 position. The TAG species of 8 kinds of nuts were analyzed by reverse-phase HPLC, from which PN value ranged 40~52. Among the analyzed nuts, higher content of tocopherols were observed in ginkgo (48.57 mg/100 g), sunflower seed (38.35 mg/100 g), and pumpkin seed(31.43 mg/100 g). Total phytosterols were observed with the range of 88.60~947.20 mg/100 g.

Key words : nuts, crude fat content, fatty acid composition, tocopherol, phytosterol

서 론

건강에 대한 소비자들의 관심과 천연물에 대한 선호도가 증가함에 따라 식품의 고유한 기능 이외에 건강증진과 질병 치료 등의 기능을 가진 식품에 대한 관심이 늘어나고 있다(1). 특히 견과류는 식용유 외에 버터나 과자류 또는 기호식품으로 널리 이용되고 있는 수익성 높은 작물로서 지질과 단백질이 풍부하며 각각 독특한 성분을 함유하고 있어 그 효능에 대한 다양한 연구들이 이루어지고 있다(2,3). 또한, 견과류의 지방 중 70~80%가 불포화지방산으로 이루어져 있으므로 혈장 콜레스테롤과 중성지질 농도를 저하시킴으로써 동맥경화증 유발 억제인자로 여겨져 왔다(4-6). 따라서 동맥경화증을 예방하기 위해서 palmitic acid 같은 포화지방산의 섭취량을 감소시키고, linoleic acid 같은 고도 불포화지방산의 섭취량을 증가시키는 것이 좋다(7-9).

특히 호두와 같은 견과류에 많이 포함되어있는 ω 3계 지방산은 혈장 중성지방을 저하시키며 혈소판 응집을 방해하고 죽종형성(atherogenesis)을 저해시킨다고 보고되고 있다(10). 또한, 임상실험에선 ω 3계 지방산이 결핍된 식이를 지속할 경우 학습능력 저하, 비정상적인 망막전도(electroretinogram), 시력손상, 신경학적 기능장애(neurological dysfunction)등의 임상 증상이 발현되었다. 이러한 일반적인 지방산은 triacylglycerol (TAG), diacylglycerol(DAG), monoacylglycerol(MAG) 및 free fatty acid(FFA)의 형태로 존재하는데, 식품에서 주로 존재하는 TAG는 인체 내의 소화효소에 의하여 2-monoacylglycerol (2-MAG)과 FFAs로 가수 분해된다. 분해된 2-MAG는 glycerol의 sn-1,3 position에서 방출된 long-chain fatty acid(LCFA)와 함께 대부분 chylomicrons(CM)을 형성한 후 림프관과 혈관을 통해 신체 세포로 이동되며 FFAs는 탄소 수에 따라 그 흡수 되는 경로가 다르다. 이때 흡수된 2-MAG는 FFAs보다 흡수율이 높아 인체 내에서 높은 이용 효율을 보인다는 보고가 있다(11,12). 따라서 sn-2 position에 위치할 경우 더 높은 효과를 얻을 수 있어서 그 중요성이 강조되어지고 있다.

[†]Corresponding author. E-mail : ktlee@cnu.ac.kr,
Phone : 82-42-821-6729, Fax : 82-42-822-6729

한편, 식물성 유지의 phytosterol 및 tocopherol류도 다량 함유하고 있는데, tocopherol은 생체 내에서 노화현상과 관련이 많은 과산화지질의 생성을 억제하는 항산화 효과를 나타내어 영양학적으로 볼 때 중요한 역할을 한다고 알려져 있고, 식물성 유지에서 발견되는 tocopherol 동족체인 α -, γ -, δ -tocopherol의 식품저장 및 가공과정 중 산화안정성에 기여하는 것이 널리 알려져 있다(13-14).

따라서 본 연구에서는 식물자원 중 견과류 8종을 선택하여 추출된 유지의 지방산 조성 분석 및 sn-2 position 분석, triacylglycerol(TAG) species의 분석, tocopherol, phytosterol 함량을 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 시료는 시중에 유통되고 있는 총 8종의 견과류, 즉 해바라기씨(sunflower seed), 캐슈넛(cashew nut), 호두(walnut), 피스타치오(pistachio), 호박씨(pumpkin seed), 은행(ginkgo), 개암(hazel nut), 피칸(pecan)을 2009년 1월에 대전 유성구 내의 시장과 대형 할인점에서 구입, 사용하였다.

조지방 추출 및 함량 분석

시료의 지방함량 추출을 위해 folch 추출법을 이용하였는데 folch법은 수분의 존재 유무에 영향을 받지 않고 지방을 추출할 수 있는 방법으로 인지질을 포함하여 fat과 oil을 모두 추출할 수 있는 방법이다. 시료 10 g을 vial에 취한 후 30 mL의 folch(chloroform:methanol=2:1, v/v)를 첨가하였다. 시료의 균질화를 위해 sonication을 이용하여 2시간 시행한 후 filter paper(Whatman No.2)로 불순물을 제거하였다. 거른 여과액에 4 mL의 0.88% NaCl용액을 넣고 정치시키면 두 층으로 분리되는데, 이를 원심분리(1500 rpm, 5분)를 이용하여 두 층으로 완전히 분리시켰다. 이 후 아래층만 취해 sodium sulfate를 이용하여 수분을 제거하고 이를 항량이 될 때까지 질소 가스로 용매를 완전히 제거한 후 조지방의 무게를 측정하였으며 추출은 두 반복 실시하였다.

Gas chromatograph에 의한 지방산 조성 및 위치별 조성 분석

Gas chromatograph(GC)를 이용하여 시료의 지방산 조성 분석을 위해 methylation을 실시하였다. Methylation 방법은 식품의약품안전청에서 고시한 식품 등 중 기준규격미설정 물질의 시험방법을 참고하여 실시하였다(15). Test tube에 시료 약 25 mg을 취하고 1.5 mL의 0.5N NaOH 메탄올용액을 넣고 균질화한 다음에 100°C에서 5분간 가열하고 냉각하였다. 냉각 후 2 mL의 BF₃-메탄올을 넣고 약 100°C에서

2분간 다시 가열하고 냉각시켰다. 2 mL의 iso-octane과 1 mL의 포화 NaCl 을 넣고 원심분리(1500 rpm, 5분)를 이용하여 상층액을 취해 sodium sulfate로 수분을 제거한 후 GC vial에 옮겨 분석하였다. 분석 장치는 Gas chromatograph (Hewlett-Packard 6890 series, Avondale, PA, USA)와 Flame ionized detector(FID)를 사용하였다. Column은 SPTM-2560 (biscyanopropyl polysiloxane, 100 m×0.25 mm×0.2 μ m, film thickness, Supelco, USA)을 이용하여 분석하였으며 온도는 150°C에서 5분간 유지 후 4°C/min으로 승온시켜 220°C까지 도달하여 30분간 유지하였다. Injector 온도는 250°C, detector 온도는 260°C로 각각 설정하였다. Split ratio는 50:1이었으며, 운반 기체는 질소로 1 mL/min을 유지시켰으며 1 μ L의 시료를 주입하여 지방산 메틸 에스테르 분석을 실행하였다. 지방산의 wt%를 구하기 위하여 다음 계산식을 사용하였으며 FID전환계수와 지방산 메틸에스테르로부터의 지방산 전환계수는 식약청에서 제시한 방법(15)에 의해 산출하였다.

$$FA_i \text{ (g/100 g 지방산)} = \frac{P_i \times f_i}{R_i} \times \frac{100}{\sum (P_j \times f_j / R_j)}$$

P_i, P_j : 지방산 피크면적

R_i, R_j : 각 지방산 표준물질에서 구한 FID 전환계수
f_i, f_j : 각 지방산 메틸에스테르로부터 지방산으로의 전환 계수

Sn-2 및 sn-1,3 위치의 지방산 조성분석을 위해 시료를 각각 7 mg씩 취하고 7 mL의 Tris-HCl buffer(pH 7.6)와 1.75 mL의 0.05% bile salt용액, 0.7 mL의 2.2% CaCl₂용액, 7 mg의 pancreatic lipase를 넣고 37°C 항온수조에서 3분간 가열, 냉각을 2회 수행하고 2분간 다시 가열, 냉각을 하였다. 4 mL의 diethyl ether을 가하여 상층액을 sodium sulfate를 이용해 수분을 제거하고 질소 가스를 이용하여 분리된 상층액이 약 50 μ L정도 되도록 하였다. 이를 thin-layer chromatography(TLC) silica plate(20×20 cm, Merck, USA)와 전개용매(hexane:diethyl ether:acetic acid = 50:50:1, v/v/v)를 이용하여 전개시켰다. 완료된 TLC silica plate로부터 R_f 값이 0.03인 부위만 취하여 위의 지방산 조성 분석과 같은 방법으로 sn-2 위치의 지방산 조성을 분석하였다. Sn-1,3 위치의 지방산 조성 계산식은 Fomuso과 Akoh의 계산식을 따랐으며(16), 다음과 같다.

$$\text{Sn-1,3(\%)} = [3\text{TAG(\%)} - \text{sn-2(\%)}] / 2$$

Reversed-phase HPLC를 이용한 triacylglycerol 분석

시료의 TAG species 조성을 확인하기 위해 reversed-

phase high performance liquid chromatography (RP-HPLC)를 이용하였다. 분석기기는 SP930D dual pump(Younglin, Korea)와 Sedex Model 75 evaporative light scattering detector(ELSD, Dedere, Alfortvill, France)가 장착된 HPLC를 사용하였다. Column은 Nova-Pak(R) C18 60Å 4 μm(150×3.9 mm I.d., Waters, Milford, Ireland)를, 이동상은 acetonitrile과 iso-propanol:hexane(2:1, v/v) 용매를 사용하였다. 기울기 용리 조건은 처음 시작하여 45분 동안 80:20의 비율로 흘러준 후 54:46의 비율로 15분간 흘러주었으며 80:20으로 변화시켜 70분까지 유지하였고 유속은 1 mL/min으로 흘러주었다. 시료 15 mg을 20 mL의 chloroform(HPLC grade)에 녹여 PTFE syringe filter(0.5 μm, Advantec, Tokyo, Japan)를 이용하여 여과 후 20 μL를 주입하여 분석하였다.

Triacylglycerol species 형태는 retention time(RT)와 partition number(PN)사이의 관계식을 통해 반응생성물 내 TAG species 형태를 분석하였다. 이때 PN은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Partition number(PN)} = \text{total number of carbons(CN)} - 2 \times \text{total number of double bonds(ND)}$$

Tocopherol 정량 분석

추출된 유지의 α-, γ-, 및 δ-tocopherol을 HPLC를 통하여 정량 분석하였다. 시료 1 g을 vial(50 mL)에 취하고 산화방지를 위한 5 mL의 6% pyrogallol 에탄올과 비누화를 위한 1.25 mL 60% KOH 용액을 첨가한 후 70°C로 유지된 항온교반수조에서 30분 간 반응 후 냉각하였다. 이에 5 mL의 2% NaCl용액과 2.5 mL의 hexane:ethyl acetate = 85:15 (containing 0.05% BHT)를 넣고 3회 반복추출 후 질소 가스로 용매를 완전히 제거하였다. 이에 5 mL의 hexane을 넣고 균질화시킨 후 syringe filter(13 mm, 0.2 μm, Whatman, NJ, USA)를 이용하여 여과 시켰다. 분석 시 SP930D dual pump(Younglin Acme, Korea)가 장착되어 있는 HPLC(Younglin, Acme, Korea)를 이용하였으며 UV730 detector(Younglin Acme, Korea)의 파장은 295 nm로 Column은 LiChrosorb Dior 5 μm(100×3 mm, Chrompack, Raritan, NJ, USA)을 사용하였다. 분석 시 유속은 0.5 mL/min, 이동상은 hexane:acetic acid의 1000:1(v/v) 비율로 30분 동안 분석하였으며 시료는 20 μL를 주입하였다.

Phytosterol의 정량 분석

Test tube에 25 mg의 추출된 시료와 internal standard로써 50 μL의 5α-cholestane(1 mg/mL)와 2 mL의 2N KOH 에탄올 용액을 가한 후, 90°C의 항온수조에서 15분 동안 비누화 반응을 시켰다. 냉각 후 hexane 및 증류수를 각각 1 mL씩 넣고 진탕한 뒤 상층 액을 sodium sulfate를 이용해 수분을 제거해 주었다. 위 과정을 3번 반복하여 추출한 후 용매는

질소를 이용하여 완전히 제거해 주었으며, 여기에 200 μL의 hexane을 가하여 2 μL를 주입하였다. 분석 시 flame ionized detector(FID, Younglin 5890)가 장착된 gas chromatography를 사용하였으며, SACTM-5 capillary column(30 m×0.25 mm×0.25 μm film thickness)을 사용하였다. Oven program은 285°C에서 25분간 유지시켜 주었으며, injector 및 detector 온도는 각각 300°C로 설정해주어 분석하였다.

통계 처리

실험 결과는 평균±표준편차로 나타내었고, 각 그룹간의 유의성은 SAS(statistical analysis system, version 8.01) program의 duncan's multiple range test를 실시하여 p < 0.05 수준에서 유의성을 검정하였다(17).

결과 및 고찰

조지방 함량과 총 지방산 조성 및 sn-2 위치 분석

시중에서 판매되고 있는 견과류 8종류를 수거하여 분석한 조지방 함량과 지방산 조성을 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 견과류의 조지방 함량은 0.63~39.60 wt%로 다양하게 나타내었는데 특히 hazel nut이 39.60 wt%로 가장 많은 양을 나타내었으며 walnut이 35.25 wt%, pistachio가 30.22 wt%로써 각각 비교적 높은 양을 나타내고 있었다. 지방산 조성의 경우, 대부분의 시료가 불포화 지방산을 다량 함유하고 있다는 것을 알 수 있었으며, cashew nut, pistachio, hazel nut, pecan의 경우 공통적으로 oleic acid, linoleic acid, palmitic acid(C16:0)의 순으로 높은 함량을 나타내고 있었으며, 이는 Toschi 등(18)과, Kim 등(3)이 연구한 것과 유사하게 나타났다. 그 중에서도 hazel nut은 oleic acid(C18:1)가 82.44 wt%로 다른 견과류에 비교하여 가장 많은 양을 함유하고 있었으며, 불포화 지방산 또한 91.89 wt%로 cashew nut의 불포화 지방산 함량인 80.60 wt%에 비하여 11.29 wt% 정도 높았음을 확인할 수 있었다. Linoleic acid가 72.16 wt%, 46.01 wt%로 각각 높은 함량을 나타낸 sunflower seed와 pumpkin seed는 C18:2 다음으로 oleic acid, palmitic acid의 순으로 높은 함량을 나타내어 cashew nut, pistachio, hazel nut, pecan과는 다른 조성을 나타내고 있다는 것을 알 수 있었다. Sunflower seed의 경우 Kim(19)이 연구한 결과와 비교하였을 때 다른 양상을 나타내었는데, 이는 sunflower의 종자가 다름으로 인한 결과임을 유추할 수 있다. 또한, pumpkin seed는 Glew 등(20)이 연구한 결과와 유사하게 나타났다. Walnut의 경우 지방산 조성이 linoleic acid, oleic acid가 각각 60.62, 21.63 wt%이었으며, 특히 linolenic acid(C18:3)가 다른 견과류에 비하여 가장 높은 9.15 wt%를 함유하고 있는 것으로 나타내어 walnut은 ω3계 지방산을 많이 함유하고 있을 것으로 유추할 수 있다. 이는

Table 1. Positional fatty acid compositions of the extracted seed oils

Fatty acid	Sunflower			Cashew nut			Walnut			Pistachio		
	TAG	Sn-2	Sn-1,3	TAG	Sn-2	Sn-1,3	TAG	Sn-2	Sn-1,3	TAG	Sn-2	Sn-1,3
14:0	0.08±0.00	0.20±0.01	0.02±0.01	0.03±0.00	N.D. ³⁾	0.04±0.00	N.D.	N.D.	N.D.	0.09±0.00	N.D.	0.13±0.01
16:0	6.14±0.02	1.13±0.29	8.64±0.11	9.95±0.01	1.27±0.14	14.29±0.05	6.33±0.01	0.7±0.00	9.10±0.01	11.43±0.14	3.50±3.42	15.39±1.73
16:1	0.06±0.00	N.D.	0.10±0.00	0.36±0.00	0.25±0.01	0.41±0.01	0.05±0.00	0.10±0.01	0.01±0.00	1.03±0.02	0.82±0.00	1.14±0.01
17:0	0.06±0.00	N.D.	0.09±0.00	0.12±0.01	0.76±0.08	0.19±0.02	0.10±0.00	0.19±0.03	0.16±0.00	0.07±0.01	N.D.	0.11±0.06
18:0	3.83±0.07	0.66±0.14	5.42±0.03	8.70±0.00	N.D.	12.69±0.03	1.90±0.00	N.D.	2.66±0.06	1.47±0.01	0.67±0.47	1.86±0.26
18:1(n9)	17.14±0.09	19.93±0.24	15.75±0.02	61.18±0.02	76.51±1.51	53.50±0.72	21.63±0.03	29.18±0.12	17.94±0.08	57.34±0.58	65.65±1.48	53.19±0.02
18:1(n7)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
18:2	72.16±0.20	78.08±0.66	69.20±0.03	18.67±0.02	21.01±1.23	17.50±0.58	60.62±0.09	64.02±0.02	59.03±0.04	27.93±0.49	28.90±2.31	27.44±1.82
20:0	0.26±0.01	N.D.	0.40±0.01	0.60±0.00	N.D.	0.90±0.01	0.07±0.00	N.D.	0.11±0.01	0.14±0.00	N.D.	0.20±0.01
20:1	0.14±0.00	N.D.	0.21±0.00	0.19±0.01	N.D.	0.29±0.01	0.16±0.00	N.D.	0.24±0.01	N.D.	N.D.	N.D.
18:3(n3)	0.12±0.01	N.D.	0.18±0.01	0.20±0.03	0.19±0.04	0.21±0.06	9.15±0.02	5.82±0.06	10.76±0.08	0.50±0.01	0.46±0.11	0.53±0.08
ΣUSFA ¹⁾	89.63±0.10	98.00±0.42	85.44±0.06	80.60±0.03	97.96±0.22	71.89±0.06	91.60±0.02	99.11±0.03	87.98±0.03	86.81±0.01	95.83±3.89	82.30±1.94
ΣSFA ²⁾	10.37±0.10	2.00±0.42	14.56±0.06	19.40±0.03	2.04±0.22	28.11±0.06	8.40±0.02	0.89±0.03	12.02±0.03	13.19±0.01	4.17±3.89	17.70±1.94
Crude fat		26.77±0.25			19.17±1.36			35.25±0.14			30.22±1.27	

¹⁾The sum of total unsaturated fatty acid, ²⁾The sum of total saturated fatty acid, ³⁾Not detected.

Table 2. Positional fatty acid compositions of the extracted seed oils

Fatty acid	Pumpkin			Ginkgo			Hazel nut			Pecan		
	TAG	Sn-2	Sn-1,3	TAG	Sn-2	Sn-1,3	TAG	Sn-2	Sn-1,3	TAG	Sn-2	Sn-1,3
14:0	0.11±0.00	N.D. ³⁾	0.16±0.00	0.11±0.00	N.D.	0.16±0.01	N.D.	N.D.	N.D.	0.05±0.00	N.D.	0.08±0.00
16:0	11.45±0.00	1.93±0.53	16.21±0.27	8.57±0.00	4.64±0.41	10.54±0.21	5.30±0.02	0.46±0.01	7.72±0.03	6.53±0.12	0.60±0.02	9.49±0.17
16:1	0.09±0.00	N.D.	0.13±0.00	3.25±0.01	1.98±0.05	3.89±0.04	0.13±0.01	N.D.	0.19±0.01	0.08±0.00	N.D.	0.13±0.01
17:0	0.10±0.01	N.D.	0.15±0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
18:0	6.81±0.03	1.14±0.22	9.65±0.06	1.07±0.11	1.99±0.65	0.61±0.48	2.69±0.04	0.40±0.06	3.83±0.03	2.05±0.04	N.D.	3.08±0.06
18:1(n9)	34.66±0.19	35.17±0.09	34.40±0.32	15.42±0.03	26.55±0.15	9.86±0.03	82.44±0.13	87.20±0.06	80.06±0.23	56.62±2.11	56.78±1.81	56.54±2.26
18:1(n7)	N.D.	N.D.	N.D.	20.37±0.13	10.72±0.16	25.20±0.27	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
18:2	46.01±0.22	61.48±0.71	38.28±0.02	48.43±0.03	53.19±0.73	46.05±0.41	9.16±0.06	11.94±0.11	7.77±0.14	32.83±2.01	41.33±1.84	28.58±2.10
20:0	0.52±0.00	N.D.	0.78±0.00	0.52±0.02	N.D.	0.79±0.03	0.12±0.00	N.D.	0.18±0.00	0.11±0.00	N.D.	0.16±0.00
20:1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.16±0.00	N.D.	0.24±0.02	0.27±0.01	N.D.	0.41±0.02
18:3(n3)	0.24±0.00	0.28±0.04	0.23±0.02	2.24±0.05	0.93±0.03	2.90±0.09	N.D.	N.D.	N.D.	1.45±0.00	1.29±0.05	1.53±0.02
ΣUSFA ¹⁾	81.01±0.03	96.93±0.76	73.04±0.33	89.73±0.09	93.37±1.06	87.91±0.66	91.89±0.06	99.14±0.06	88.26±0.05	91.26±0.09	99.40±0.02	87.19±0.12
ΣSFA ²⁾	18.99±0.03	3.07±0.76	26.96±0.33	10.27±0.09	6.63±1.06	12.09±0.66	8.11±0.06	0.86±0.06	11.74±0.05	8.74±0.09	0.60±0.02	12.81±0.12
Crude fat		25.48±3.19			0.63±0.06			39.60±0.57			23.98±1.66	

¹⁾The sum of total unsaturated fatty acid, ²⁾The sum of total saturated fatty acid, ³⁾Not detected.

Sabudak(21)이 연구한 결과와 유사함을 볼 수 있었으며, ginkgo의 경우 특이적으로 oleic acid의 이성체인 vaccenic acid를 확인할 수 있었으며, 이는 oleic acid 보다 약 5 wt% 정도 높은 차이를 보였으며, sn-1,3 위치에서는 25.20 wt%로 높게 나타났음을 알 수 있었다. 이는 Kim 등(22)이 연구한 결과와 유사함을 보였다. 이후 추출된 유지의 총 지방산 조성 이외에 위치별 조성을 살펴보았다. Sn-2 위치의 지방산

조성으로는 cashew nut, pistachio, hazel nut이 총 지방산 조성과 비슷한 양상을 보여 oleic acid, linoleic acid, palmitic acid의 순으로 나타났다. Sunflower seed 역시 linoleic acid, oleic acid, stearic acid(18:0)의 순으로 높은 함량을 나타내어 총 지방산 조성 과 비슷하였음을 확인하였다. Walnut의 경우 64.02 wt%로 linoleic acid가 가장 높았으며, sn-2 위치에 서의 linolenic acid는 총 지방산 조성에서보다 3.33 wt%나

적게 나타났음을 알 수 있었다. Pumpkin seed의 경우 sn-2는 총 지방산의 조성보다 비슷한 양상을 나타내었으며, palmitic acid는 sn-1,3 위치의 16.21 wt%보다 적은 1.93 wt%를 나타내었다. 또한, 견과류 중에서 특이하게 oleic acid의 이성체인 vaccenic acid를 나타내었던 ginkgo의 경우 10.72 wt%를 나타내었는데, 이는 총 지방산 조성에서 보다 9.65 wt% 적은 함량이었으며, sn-2 위치에서는 oleic acid가 vaccenic acid보다 높은 함량을 나타내었다. Pecan의 경우 oleic acid와 linoleic acid가 56.78, 41.33 wt%로 총 지방산과 비슷한 양상을 나타내었다.

Reverse-phase HPLC에 의한 triacylglycerol 분석

Fig. 1과 Table 3는 견과류의 triacylglycerol species 조성을 reverse-phase HPLC를 이용하여 분석한 것을 나타내었다. TAG의 PN값은 40~52 사이에 존재하였으며 sunflower seed가 PN 42범위에서 46.55 area%로 가장 높게 나타났는데 그 이유로는 지방산 조성을 보았을 때 linoleic acid를 많이 함유하고 있기 때문인 것으로 추측할 수 있다. Cashew nut, pistachio, hazel nut, pecan으로부터 추출된 유지는 대부분이 PN 48 범위에 해당되었고, 이때의 area%는 각각 55.46, 46.76, 86.63, 39.54 area%이었으며 특히, hazel nut은 대부분의 TAG조성이 PN 48 범위에서 다른 견과류에 비하여 뚜렷이 높은 함량을 나타냈음을 볼 수 있었다. Walnut의 경우 PN 42, 44 범위에서 39.13, 36.46 area%로 비슷하게 나타났다. Pumpkin seed는 PN 46 범위에서 37.18 area%로 가장 높았으며, PN 44 범위에서 32.33 area%로 그 다음으로 높았다. Ginkgo의 PN값은 42~48 사이에 존재하였으며, PN 44 범위에서 48.22 area%로 가장 높았음을 확인할 수 있었다.

다. Pistachio와 hazel nut은 각각 23.22, 23.35 mg/100 g으로 분석되었고, 서로 유사한 경향성을 보였다($p<0.05$). 특히, pistachio는 γ -tocopherol이 21.79 mg/100 g으로 α -tocopherol보다 약 14배 높은 수치를 나타내는 반면 hazel nut은 α -tocopherol이 20.46 mg/100 g으로 γ -tocopherol보다 약 7배 높은 수치를 나타내고 있었다. 또한, walnut과 pecan 역시 15.06, 13.41 mg/100 g으로 유사한 경향성을 보임을 알 수 있었으며($p<0.05$), walnut의 경우 다른 견과류와는 달리 유일하게 δ -tocopherol을 1.47 mg/100 g이나 함유하고 있는 것으로 나타내어졌다. Cashew nut은 5.07 mg/100 g으로 다른 견과류에 비하여 비교적 낮은 수치를 보여주며, 가장 높은 함량을 나타낸 ginkgo와 약 43.5 mg/100 g의 차이를 보였다.

Phytosterol 분석

조사된 견과류로부터 추출된 시료에 함유되어 있는 총 phytosterol과 각각의 campesterol, stigmasterol 및 β -sitosterol의 함량을 분석한 결과는 Table 5에 나타내었다. 총 sterol의 경우 88.60 mg/100 g부터 많게는 947.20 mg/100 g까지 다양하게 나타내었으며, cashew nut은 pecan과 104.77, 88.60 mg/100 g으로 유사한 경향을 보였다. Sunflower seed의 경우 분석한 견과류 중 유일하게 stigmasterol을 33.18 mg/100 g이나 함유하고 있었다. 또한, ginkgo의 경우 campesterol, β -sitosterol이 각각 204.92, 742.28 mg/100 g을 나타내어 총 sterol의 경우 다른 견과류에 비해 가장 높은 947.20 mg/100 g이 포함 되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. Sunflower seed와 ginkgo 이외에 pistachio 또한 campesterol이 포함되어 있는 것으로 확인되었으며, 그 양은 다른 분석된 시료에 비해 적은 12.33

Table 3. Peaks classified by partition number (PN) of TAG species in the extracted seed oils.

Partition number(PN) (Area%)	Sunflower seed	Cashew nut	Walnut	Pistachio	Pumpkin seed	Ginkgo	Hazel nut	Pecan
PN ¹ =40	N.D. ²⁾	N.D.	7.31±0.32	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PN=42	46.55±2.02	N.D.	39.13±1.33	1.40±0.01	7.84±0.56	14.76±0.63	N.D.	3.00±0.78
PN=44	40.93±1.46	4.16±0.25	36.46±0.11	12.10±0.64	32.33±3.30	48.22±1.48	0.80±0.25	17.30±3.44
PN=46	12.53±0.54	23.02±0.16	14.42±0.34	39.00±2.19	37.18±1.02	30.98±1.51	9.66±2.14	39.17±1.35
PN=48	N.D.	55.46±0.04	2.70±1.42	46.76±2.28	18.64±3.69	6.06±0.61	86.63±3.24	39.54±5.68
PN=50	N.D.	15.68±0.19	N.D.	0.75±0.52	3.36±1.14	N.D.	2.92±0.84	1.00±0.12
PN=52	N.D.	1.68±0.25	N.D.	N.D.	0.65±0.04	N.D.	N.D.	N.D.

¹)Partition number(PN) = total number of carbons(CN) - 2 × total number of double bonds(ND).

²)Not detected.

Tocopherol 분석

조사된 견과류의 tocopherol의 분석 결과는 Table 4에 나타내었다. 총 tocopherol 함량을 분석한 결과 ginkgo가 48.57 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내며, sunflower seed 및 pumpkin seed가 각각 38.35, 31.43 mg/100 g을 나타내었

mg/100 g 이었다. 총 sterol의 대부분이 β -sitosterol이 차지하였으며, hazel nut과 walnut은 117.31, 116.68 mg/100 g으로 124.52 mg/100 g인 pumpkin과 유사한 경향성을 보임을 알 수 있었으며 ($p<0.05$), 104.77 mg/100 g인 cashew nut과도 유사한 경향성을 보였음을 알 수 있었다($p<0.05$).

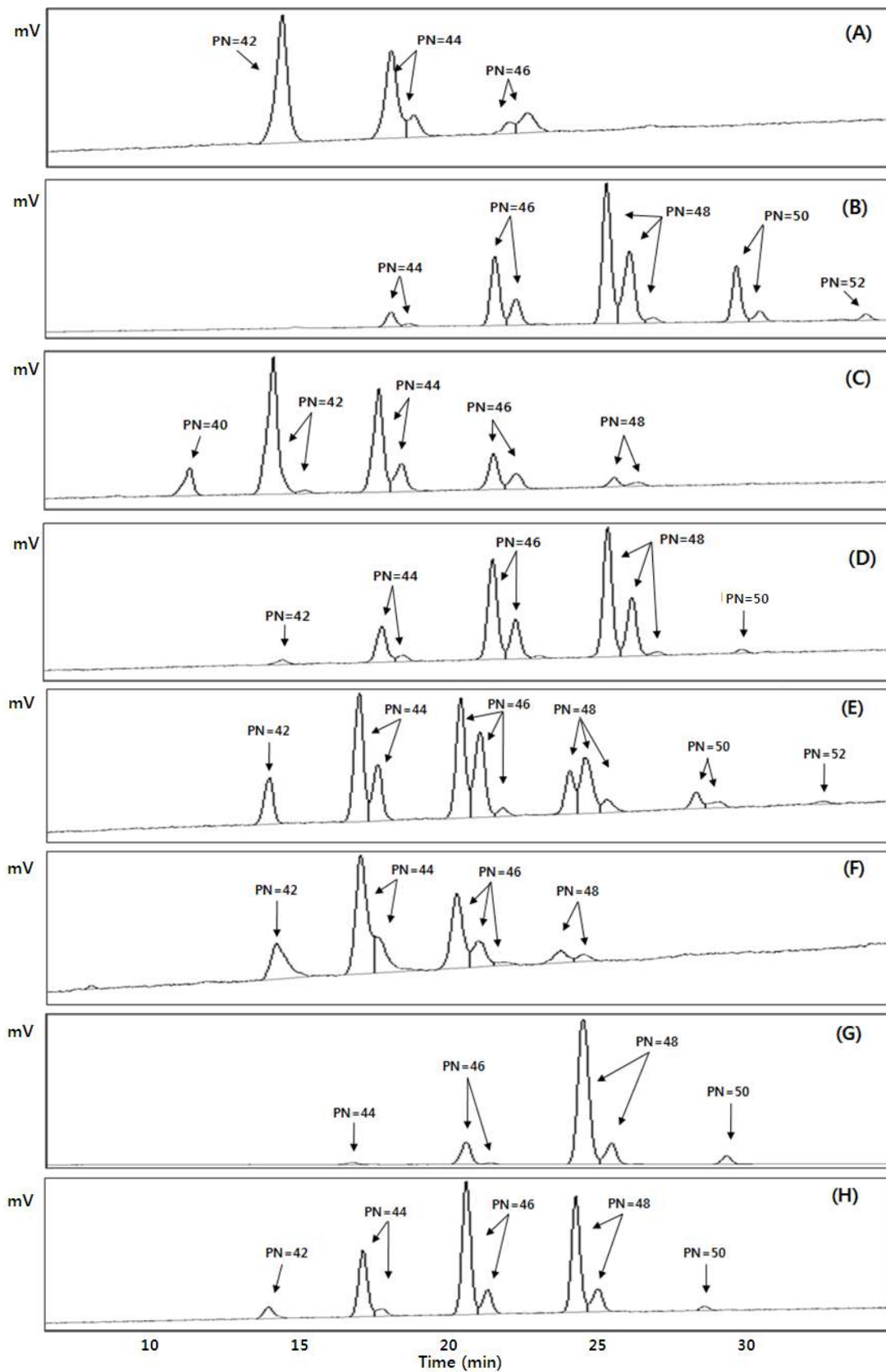


Fig. 1. Chromatograms from the reversed-phase HPLC separation of (A) sunflower, (B) cashew nut, (C) walnut, (D) pistachio, (E) pumpkin, (F) ginkgo, (G) hazel nut (H) pecan.

Table 4. Tocopherol contents in the extracted seed oils

Plant oils	Tocopherol (mg/100 g)			
	α -Tocopherol	γ -Tocopherol	δ -Tocopherol	Total tocopherol
Sunflower	37.48±0.22 ¹⁾	0.88±0.02 ^f	N.D. ²⁾	38.35±0.24 ^b
Cashew nut	0.35±0.03 ^f	4.72±0.03 ^e	N.D.	5.07±0.06 ^f
Walnut	0.54±0.08 ^{ef}	13.05±0.04 ^d	1.47±0.19	15.06±0.31 ^e
Pistachio	1.52±0.19 ^d	21.70±0.72 ^c	N.D.	23.22±0.91 ^d
Pumpkin	1.50±0.06 ^d	29.93±2.67 ^a	N.D.	31.43±2.73 ^c
Ginkgo	22.90±0.69 ^b	25.67±0.36 ^b	N.D.	48.57±1.06 ^a
Hazel nut	20.46±1.10 ^c	2.90±0.12 ^{ef}	N.D.	23.35±1.22 ^d
Pecan	1.12±0.08 ^{de}	12.29±0.78 ^d	N.D.	13.41±0.86 ^c

¹⁾Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

²⁾Not detect.

Table 5. Phytosterol contents in the extracted seed oils

Plant oils	Phytosterol (mg/100 g)			
	Campesterol	Stigmasterol	β -sitosterol	Total phytosterol
Sunflower	48.64±4.49 ^{b1)}	33.18±0.22	284.08±11.23 ^b	365.90±15.50 ^b
Cashew nut	N.D.	N.D. ²⁾	104.77±6.67 ^c	104.77±6.67 ^d
Walnut	N.D.	N.D.	116.68±6.21 ^{de}	116.68±6.21 ^d
Pistachio	12.33±0.12 ^c	N.D.	264.76±3.64 ^c	277.09±3.76 ^c
Pumpkin	N.D.	N.D.	124.52±5.48 ^d	124.52±5.48 ^d
Ginkgo	204.92±8.98 ^a	N.D.	742.28±8.38 ^a	947.20±17.35 ^a
Hazel nut	N.D.	N.D.	117.31±13.56 ^{de}	117.31±13.56 ^d
Pecan	N.D.	N.D.	88.60±2.25 ^f	88.60±2.25 ^e

¹⁾Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

²⁾Not detected.

요 약

견과류 중 sunflower seed, cashew nut, walnut, pistachio, pumpkin seed, ginkgo, hazel nut, pecan을 원료로 하여 지방산 조성 분석 및 sn-2 position 분석, triacylglycerol species의 분석, tocopherol, phytosterol 함량을 분석하였다. 조지방 함량은 hazel nut에서 약 39.60 wt%로 가장 높았으며, walnut 35.25 wt%, pistachio 30.22 wt% 등의 순이었다. GC에 의한 sn-2 위치의 지방산 조성 분석 결과, oleic acid의 함량이 많은 견과류는 cashew nut, pistachio, hazel nut, pecan 이었으며, 특히 ginkgo의 경우 특이적으로 oleic acid의 이성체인 vaccenic acid가 10.72 wt% 나타냄을 확인할 수 있었다. 반면, linoleic acid 등이 높은 견과류는 sunflower seed, walnut, pumpkin seed 이었다. 견과류들의 TAG species의 PN값은 40~52 사이에 존재하였다. Tocopherol의 함량은 ginkgo, sunflower seed, pumpkin seed 등에서 각각 48.57, 38.35, 31.43 mg/100 g 순으로 높은 함량을 나타내었다. 또한 총

phytosterol의 경우 88.60~947.20 mg/100 g 사이에 함량을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 식품의약품안전청 용역연구개발과제의 연구개발비 지원(10162영기안088)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Park, Y.G., Park, M.Y., Sung, M.K. and Kwon, H.J. (2005) Study on the intake pattern of health intended foods depending on inclusion of proclaimed health

- functional food materials. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 374-379
2. Pattee, H.E. and Young, C.T. (1982) Peanut science and technology, American Peanut Research and Education Society. Yoakum, Texas, U.S.A., p.139-163
 3. Kim, J.N., Cho, D.H. and Kim, Y.M. (2000) Studies on the physicochemical properties of natural and imitation nuts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 13, 235-241
 4. Grundy, S.M. (1977) Treatment of hypercholesterolemia. *Am. J. Clin. Nutr.*, 30, 985-992
 5. Kritchevsky, D., Tepper, S.A., Bises, G and Klurfeld, D.M. (1982) Experimental atherosclerosis in rabbits fed cholesterol free diets. *Atherosclerosis*, 41, 279-284
 6. Shepherd, J., Packard, C.J., Grundy, S.M., Yeshrun, D., Gotto, A.M. and Taunton, O.D. (1980) Effects of saturated and polyunsaturated fat diets on the chemical composition and metabolism of low density lipoproteins in man. *J. Lipid Res.*, 21, 91-99
 7. Becker, N., Illingworth, D.R., Alaupovic, P., Connor, W.E. and Sundbery, E.E. (1983) Effects of saturated, monosaturated, and ω -6 polyunsaturated fatty acid on plasma lipid, lipoprotein and apoproteins in human. *Am. J. Clin. Nutr.*, 37, 355-360
 8. Sinclair, H.M. (1956) Deficiency of essential fatty acids and atherosclerosis, etcetea. *Lancet*, 1, 381-383
 9. Zhu, B.Q., Smith, D.L., Sievers, R.E., Insenberg, W.M. and Parmley, W.W. (1988) Inhibition of atherosclerosis by fish oil in cholesterol-fed rabbits. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 12, 1073-1078
 10. Glomset, J.A. (1985) Fish, fatty acids, and human health. *N. Engl. J. Med.*, 312, 1253-1254
 11. White, D.A., Bennett, A.J., Billett, M.A. and Salter, A.M. (1998) The assembly of triacylglycerol-rich lipoproteins: an essential role for the microsomal triacylglycerol transfer protein. *Br. J. Nut.*, 80, 219-229
 12. Ikeda, I., Tomari, Y., Sugano, M., Watanabe, S. and Nagata, J. (1991) Lymphatic absorption of structured glycerolipids containing medium-chain fatty acid linoleic acid, and their effect on cholesterol absorption in rats. *Lipids*, 26, 369-373
 13. Harman, D., (1969) Dibenzanthracene-induced cancer. Inhibition effect of dietary vitamin E, *Clin. Res.*, 17, 125-129
 14. McCay, P.B., Poyer, J.L., Pfeifer, P.M., May, H.E. and Gilliam, J.M. (1971) A function for alpha-tocopherol: stabilization of the microsomal membrane from radical attack during TPNH-dependent oxidations. *Lipid*, 6, 297-306
 15. 식품의약품안전청. (2007) 식품 등 중 기준규격 미 설정 물질의 시험방법. 식품의약품안전청고시. 제 2007-10호.
 16. Fomuso, L.B. and Akoh, C.C. (2002) Lipase-catalyzed acid Asis of olive oil and cl rylic acid live bench-scale packed bed bioreactor. *Food Res. Int.*, 35, 15-21
 17. SAS Institute, Inc. (2000) SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
 18. Toschi, T.G., Caboni, M.F., Penazzi, G., Lercker, G. and Capella, P. (1993) A study on cashew nut oil composition. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 70, 1017-1020
 19. Kim, J.Y. and Lee, K.T. (2009) Enzymatic synthesis of low trans fats using rice bran oil, palm stearin and high oleic sunflower seed oil. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 38, 470-478
 20. Glew, R.H., Glew, R.S., Chuang, L.T., Huang, Y.S. and Millson, M. (2006) Amino acid, mineral and fatty acid content of pumpkin seeds (*Cucurbita* spp) and *Cyperus esculentus* nuts in the republic of niger. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61, 51-56
 21. Sabudak, T. (2007) Fatty acid composition of seed and leaf oils of pumpkin, walnut, almond, maize, sunflower and melon. *Chemistry of Natural Compounds*, 43, 465-467
 22. Kim, S.J., Lee, K.H., Kim, Y.S. and Joh, Y.G. (1993) Studies on the presence of all cis- $\Delta^{5,11,14}$ -C_{20:3} fatty acid in the seed oils of ginkgo. *J. Korean Oil Chem. Soc.*, 10, 57-65
-
- (접수 2009년 12월 31일, 수정 2010년 4월 29일, 채택 2010년 6월 4일)